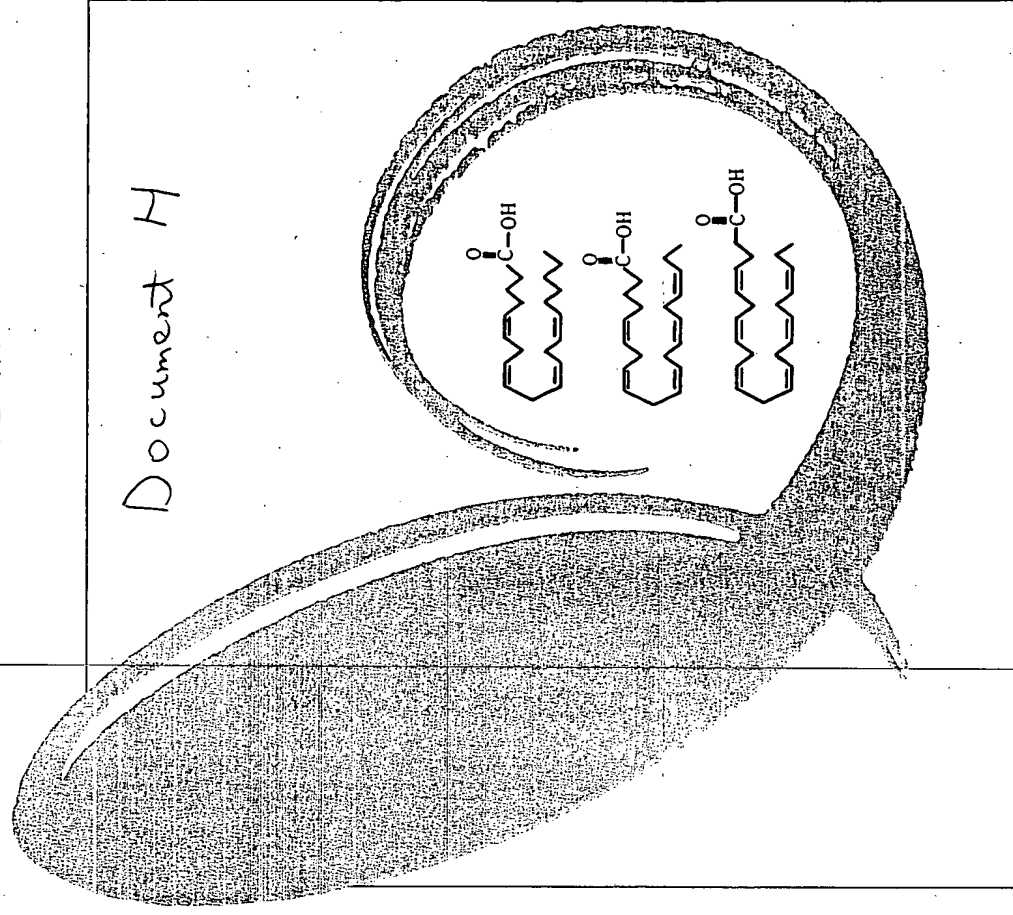


AA, EPA, DHA

—高度不飽和脂肪酸

鹿山 光 編



恒星社厚生閣

脂質でこのような需要に応えられるものとしては、菌類の脂質が有望視されている。菌類は一般に、培養が容易で増殖率も高く、かつ脂質含量も高いことから、バクテリアを含む多くの菌種について探索が行われている。その結果、いくつかの有望な菌株が見出され、工業的な規模での生産が可能な段階に至っている。

このようことから、現在までにどんな植物や菌類で脂肪酸組成が調べられており、どんな脂肪酸がどの程度分布しているかを概観することは意義深いことと思う。

藻類は地衣類のように菌類と共生生活を営む特殊な例を除けば、すべて水中にその生活域がある。地球上における水圏の占める割合は、陸圏に比べてはるかに大きく、したがって藻類の生活範囲は極めて広く、かつ多様性に富む。また藻類はその光合成能を通じて、海洋、陸水いずれにおいても一次生産者としてそれぞれの生態系において重要な位置を占める。それゆえ生態学的な関心からと水産動物に対する餌料価値についての関心とから、多くの藻種について脂肪酸組成が分析されている。このような研究結果により、藻類の各分類群の間での脂肪酸の分布パターンがかなり明らかにになっている。一般に、藻類にはAA, EPA, DHAなどの有用な高度不飽和脂肪酸を含むものが多い。ここではいまままでに調べられたいろいろな藻種の脂肪酸組成を示し、各藻種間でどんな脂肪酸がどのように分布しているかを概観する。

- 12 -

dulans, *Anabaena variabilis* で、それぞれ脂肪酸組成が調べられて以来、多くの研究者によって、いろいろな藻種で研究が進められている。

Algal species	14:0 16:0 16:1 16:2 18:1 18:2 18:3 18:3 ^ω 18:4											出典
	1	46	46	—	3	—	—	—	ω6	ω3	18:4	
<i>Aracystis nidulans</i>	1	46	46	—	3	—	—	—	—	—	—	(1)
<i>Anabaena variabilis</i>	—	32	22	1	11	17	—	16	—	—	—	(1)
<i>Nostoc muscorum</i>	2	32	15	—	7	10	—	21	—	—	—	(4)
<i>Spirulina platensis</i>	—	44	10	tr	5	13	22	tr	—	—	—	(2)
<i>Synechocystis 6714</i>	tr	28	4	—	5	17	31	—	—	—	—	(5)
<i>Tetrasphaera tenuis</i>	1	22	3	—	16	15	13	6	11	—	—	(3)
<i>Phormidium</i> sp.	1	18	9	—	21	32	—	1	2	—	—	(4)

要素であるが、不飽和酸は藻種によってそれぞれ特徴的なパターンを示す。脂肪酸はまだ知られていない。飽和酸はいずれの種においても16:0が主

1-2 紅藻類 (表2-2, 2-3)

Khotimchenko and Vaskovsky (1990) は、 C_{10} の高度不飽和脂肪酸の含有量のバターンから、(1)EPA 含量が高いもの、(2)AA 含量が高いもの、(3)EPA

- 13 -

る日本産の藻種にC₁₈の不飽和酸を多量に含むことを見出し、4つのグループに分けられることをみた。さらに最近、Levyら(1992)は、*Hypnea musci-*

表 2-2 紅藻類各種の全脂質の脂肪酸組成

Algal species	14:0	16:0	16:1	18:1	18:2	18:3	18:4	20:4	20:5	出典
<i>Alsidium corallinum</i>	5	33	8	14	10	—	—	10	5	(1)
<i>Batrachospermum</i> sp.	2	27	2	8	1	—	—	5	52	(2)
<i>Chondrus ocellatus</i>	4	35	1	8	1	—	—	24	22	(2)
<i>Corallina officinalis</i>	2	24	3	5	1	1	—	6	52	(6)
<i>Gelidium amansii</i>	2	29	1	5	—	—	—	32	28	(2)
<i>Gelidium furcata</i>	2	24	3	9	1	—	—	9	47	(2)
<i>Gracilaria verrucosa</i>	2	31	2	5	1	—	—	54	2	(3)
<i>G. gigas</i>	2	30	2	8	1	—	—	12	38	(3)
<i>Hypnea musciformis</i> ^{a)}	5	22	12	9	2	2	10	11	11	(1)
<i>Laurencia pinnatifida</i>	4	21	4	8	1	3	6	35	35	(6)
<i>Meristotheca papulosa</i> ^{b)}	1	22	12	5	1	1	11	33	33	(2)
<i>Odonthalia dentata</i>	3	27	2	11	1	tr	13	38	38	(6)
<i>Porphyra yezoensis</i>	—	26	3	4	1	—	2	52	44	(4)
<i>Porphyridium cruentum</i> ^{b)}	—	35	3	2	tr	tr	16	36	36	(5)
<i>P. cruentum</i> ^{b)}	—	34	tr	2	tr	tr	42	8	8	(5)
<i>Rhodomela subfusca</i>	4	29	5	15	—	1	14	24	24	(7)

a) also contained 22:6 ω 3 (5%), b) also contained 16:3 (11%)

c) cultured under optimal growth condition, d) cultured under limited growth condition

出典: (1)Levyら(1992), (2)Arakiら(1993), (3)Arakiら(1990), (4)Arakiら(1986), (5)Cohenら(1988), (6)Jamieson and Reid(1972), (7)Klenkら(1963).

表 2-3 紅藻スサビノリの各脂質クラスの脂肪酸組成

	MGDG	DGDG	SQDG	PG	PC	PE	TG
16:0	13	38	50	31	10	2	13
16:1 ^a	—	—	—	15	—	—	—
18:1	4	7	1	1	5	2	10
18:2	1	4	—	—	4	1	7
18:3 ω 6	1	—	—	—	3	2	1
18:3 ω 3	—	—	—	—	1	—	—
18:4	—	—	—	—	3	1	1
20:1	1	1	—	15	1	1	4
20:2	1	1	—	5	—	—	2
20:3	3	2	—	—	3	8	8
20:4 ω 6	2	1	1	1	6	16	11
20:5 ω 3	74	46	48	30	65	60	41

Arakiら(1986), 16:1^a; trans- ω 13-16:1

2. 植物界における高度不飽和脂肪酸の分布

formis に22:6 ω 3 (6%) が, *Alsidium corallinum* に18:3 ω 6 (10%) がそれぞれ検出されたこと報告しており, 紅藻類の脂肪酸パターンはかなり多様性を示すことが推察される。

表2-3はスサビノリ (*Porphyra yezoensis*) の各脂質クラスの脂肪酸組成を示したものである。スサビノリに含まれる主要な高度不飽和脂肪酸は20:5 ω 3と20:4 ω 6であるが, 前者はすべての脂質クラスにおいて高い含量で存在し, とくにMGDG^{a)}とPC^{a)}, PE^{a)}に多量に分布している。

これに対して, 20:4 ω 6は主として, PC, PE, TG^{a)}により多く分布している。紅藻類では, 一般にPEの不飽和度が高く, ほとんど不飽和脂肪酸のみで構成されている。

1-3 クリプト藻類 (表 2-4, 2-5)

単細胞で細胞壁をもたない種が多い。クロロフィルa, cとともにフィコビルン色素を含み, 紅藻類と珪藻類など褐色植物 (Chromophyte algae) の性質を併せもつ。また他の藻群で主要なカロチンになっている β -カロチンが少く, α -カロチンをより含むなど, 種々な点でユニークな藻群である。

クリプト藻の脂肪酸組成は, Chuecas and Riley (1969) および Beachら

表 2-4 クリプト藻類各種の全脂質の脂肪酸組成

Algal species	14:0	16:0	18:1	18:2	18:3	18:4	20:4	20:5	22:6	出典
<i>Chilomonas paramecium</i>	18	18	9	—	27	—	—	6	3	(1)
<i>Chroomonas</i> sp.	2	16	5	1	23	23	—	14	6	(1)
<i>Cryptomonas</i> sp. WH(1)	6	4	5	—	7	44	—	16	10	(1)
<i>C. malculata</i>	5	15	4	—	6	16	17	—	—	(2)
<i>C. sp.</i>	2	11	2	—	10	22	—	21	7	(3)
<i>C. appendiculata</i> ^{a)}	5	15	4	—	12	13	10	3	10	(2)
<i>Hemiselmsis virescens</i>	8	23	7	—	22	16	—	7	2	(1)
<i>H. brunescens</i>	1	21	2	tr	8	31	18	14	—	(2)
<i>Rhodomonas lens</i>	18	13	10	—	16	13	—	13	5	(1)
<i>R. lacustris</i>	2	15	4	—	21	21	—	11	4	(3)

a) also contained 16:1 (12%)

出典: (1) Beachら(1970), (2) Chuecas and Riley (1969), (3) Ahlgrenら(1992).

*1 モノガラクトシル・ジアシル・グリセロール

*2 ホスファチジルコリン

*3 ホスファチジルエタノールアミン

*4 トリアシルグリセロール

の稚魚の育成のために、その餌料となるワムシなどの培養が不可欠である。

Nannochloropsis 属のいくつかの藻種が、このワムシの培養に際して良好な飼料効果をもつことがわかり、この藻を中心にして製造された飼料が販賣されており、広く利用されている。

Nannochloropsis 属の主要脂肪酸は、14:0, 16:0, 16:1 ω 7, 20:5 ω 3 であるが、20:5 ω 3 は培養温度によってその含量が著しく変化し、表 2-16 に示したように *N. oculata* では 25°C で培養したものは、20°C で培養したものより著しく減少する (瀬戸, 1993)。餌料藻としての *N. oculata* の 20:5 ω 3 の含量は、ワムシを通じて稚魚の生育に大きな影響を及ぼし、20:5 ω 3 の含量の少ない飼料藻で培養したワムシで飼育した稚魚の成長は低下するといわれている。

1-11 フラシノ藻類 (表 2-17)

光合成色素の組成や葉緑体構造は緑藻類に類似するが、光合成の一次産物や細胞壁の糖組成、鞭毛の微細構造が異なることから独立した藻群に分類されている。

表 2-17 フラシノ藻類各種の全脂質の脂肪酸組成

Fatty acid	<i>Halosphaera viridis</i>	<i>Heteromastix rotunda</i>	<i>Platysmonas tetrahela</i>	<i>Tetraselmis suecica</i>
16:0	18	11	11	11
16:1	1	16	4	2
C16 poly	3	8	20	3
18:1	45	2	13	24
18:2 ω 6	7	3	12	2
18:3 ω 3	7	4	16	17
18:4 ω 3	7	9	8	—
20:5 ω 3	tr	28	4	11
22:5 ω 3	—	7	13	—

出典: (1) Ackman ら (1970), (2) Chuecas and Riley (1969),

(3) Pohl ら (1968), (4) DeMott ら (1972)。

フラシノ藻に属する藻種の脂肪酸組成は、緑藻類のうち海産種のそれに類似し、20:5 ω 3 や 22:5 ω 3 など ω 3 系列の高度不飽和脂肪酸を多量に含むものがある。

2. 植物界における高度不飽和脂肪酸の分布

1-12 緑藻類 (表 2-18, 2-19)

緑藻類は淡水や海水中に普通にみられ、クロレラ (*Chlorella*) やセネデスムス (*Scenedesmus*) のように、単細胞で浮遊生活を営むものや、クラミドモナス (*Chlamydomonas*) のように鞭毛をもつ単細胞種、さらにフオサ、フオノリのように海産のやや大型のものまで、いろいろな形態を示す藻種が存在する。

表 2-18 緑藻類各種の全脂質の脂肪酸組成

Algal species	14:0	16:0	16:1	16:2	16:3	16:4	18:1	18:2	18:3	18:4	20:5	出典
Microphytic forms												
<i>Chlorella regularis</i>	1	17	3	18	—	7	4	37	9	—	—	(1)
<i>C. pyrenoidosa</i>	—	20	3	tr	7	—	46	10	12	—	—	(2)
<i>Chlamydomonas</i>												
<i>reinhardtii</i>	1	20	3	1	—	—	24	5	31	—	—	(3)
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	1	13	10	3	5	7	8	6	8	—	10	(4)
<i>Scenedesmus obliquus</i>	1	35	2	1	tr	15	8	6	30	—	—	(2)
Macrophytic forms												
<i>Blaugia minima</i>	1	21	3	1	2	14	4	7	13	17	3	(5)
<i>Cladophora albida</i>	6	18	16	1	1	7	9	3	14	4	12	(6)
<i>Codium elongata</i>	4	11	10	3	2	—	18	10	16	5	4	(7)
<i>C. fragile</i>	2	26	3	3	3	9	—	11	9	15	1	(5)
<i>Enteromorpha linza</i>	1	30	2	tr	1	10	7	9	17	11	2	(5)
<i>E. intestinalis</i>	1	13	3	1	3	16	9	6	21	17	2	(6)
<i>Halimeda tuna</i>	10	18	6	2	3	—	26	13	5	2	4	(7)
<i>Ulva fenestrata</i>	1	30	2	1	2	9	11	10	15	6	2	(5)

出典: (1) Watanabe ら (1978), (2) Klenk ら (1963), (3) Erwin and Bloch (1963)

(4) Chuecas and Riley (1969), (5) Khotimchenko (1993), (6) Jamieson and Reid (1972) (7) Pohl ら (1968)。

緑藻類の脂肪酸組成は、いまままでに比較的良好に調べられている。単細胞藻では、Chuecas and Riley (1969), Klenk ら (1963), Nichols (1965), 大型藻では Pohl ら (1968), Jamieson and Reid (1972), Kananiwa ら (1987), Khotimchenko (1993) などによる報告がある。

表 2-18 に緑藻類の主な藻種の脂肪酸組成を示す。 *Chlorella* や *Scenedesmus* 属のような淡水産の単細胞種では、飽和酸は 16:0, 不飽和酸は 16:1 と C₁₆ のポリエン酸, 18:1, 18:2 ω 6, 18:3 ω 3 が主な構成酸で、鞭毛をもった淡水産種 (*Chlamydomonas* 属) では 18:3 ω 6 を含むものがある。一方、海

ま 行

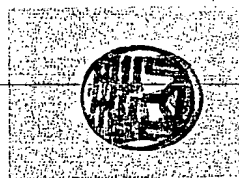
マイクログラブセル化膜	219, 220	卵成熟誘起作用	93
——の流動性	199	藍藻類	12
マクロファージ	233	リノPAF	117
マスキング	140	律速因子	195
Max EPA	216, 217	リノール酸	48, 123, 156, 160
Malondialdehyde (MDA)	69	——からアラキドン酸への代謝	48
ミエリン	153	——系列	182
Mycobacterium	229	——系列 (ω6)	56
ミコール酸	133, 134	——(ω6あるいはn6)	60
——含有糖脂質	131, 132	α-リノレン酸からエイコサペンタエン酸への代謝	49
明暗弁別	133	——の系列 (ω3)	56
——学習能試験	231, 234	α-リノレン酸 (ω3あるいはn-3) 系列	60
メチレン中断型	234	α-リノレン酸の代謝経路	50
——多不飽和脂肪酸	45	リバーゼ	187
免疫	57	リポキシゲナーゼ	68, 82, 96, 108, 174, 207, 208, 209, 210
免疫反応 (7レルギー)	131	——阻害剤	163
網膜	172	——代謝経路	73, 84
戻り臭	229	リポキシン (LX)	82, 105, 213
モノオキシゲナーゼ反応	216	——LXA ₄	105
モノグリセリド	98	——LXB ₄	105
モノ不飽和脂肪酸の生合成経路	220, 221	緑藻類	27
Mortierella alpina	54	リン脂質	196, 197, 199, 200
	9, 225	——性過酸化二次生成体	123
		——ヒドロペルオキシド	122
薬和両性	166	レンチン	142, 217, 218
有糸分裂誘発因子感受	52	Recommended Dietary Allowance	49
融点	189	ロイコトリエン (LT)	82, 96, 172, 174
溶媒	189	——B ₄	104, 158
		老人性痴呆	232
裸子植物	31	わ 行	
卵黄類	36	Y迷路型学習実験	228
		ワムシ	26, 222

ら 行

1995年 9 月 30 日 初版発行

AA, EPA, DHA-高度不飽和脂肪酸

定価 カバーに表示

編 者
鹿 山 光◎発 行 者
佐 竹 久 男発 行 所
恒星社厚生閣東京都新宿区三栄町 8
電 話 03 (3359) 7371(代)
振 替 東京 0-5 9 6 0 0 番
Fax 03 (3359) 7375

興英印刷・協栄製本

